بررسی اثر صمغ کنجاک، فشار هموژنیزاسیون و میزان چربی بر خصوصیات رئولوژیکی خامه کم چرب

سید علی محمدی[۱]، محسن قدس روحانی*[۲]، مسعود نجف نجفی[۳]، مرتضی کاشانی نژاد[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تکنولوژی تولید فراورده‌های نوین لبنی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۲- گروه علوم و صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

٤- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی ، دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰٤ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۱۱)

چکیده

در این تحقیق اثر مقادیر مختلف صمغ کنجاک (۰/۲ تا ۰/٦ درصد)، میزان چربی (۱۸ تا ۲۵ درصد) و فشار هموژن (۱۰۰ تا ۲۰۰ بار) بر ویژگی‌های رئولوژیکی خامه کم‌چرب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمون اکستروژن برگشتی نشان داد که با افزایش میزان فشار هموژن، صمغ کنجاک و چربی، سختی، قوام و چسبندگی نمونه‌ها به طور معنی‌دار افزایش یافت. افزایش همزمان فشار هموژن و چربی نیز منجر به تشدید چسبندگی نمونه‌ها شد که نشان‌دهنده اثر سینرزیستی چربی و فشار هموژن بر روی چسبندگی نمونه‌ها بود. نتایج حاصل از آزمون برشی پایا نیز نشان داد که شاخص جریان (n) تمامی نمونه‌ها کمتر از یک بود که نشان دهنده رفتار شل شونده با برش (سودوپلاستیک) نمونه‌های خامه بود. همچنین با افزایش میزان چربی شاخص رفتار جریان نمونه‌ها به طور معنی‌دار کاهش و ضریب قوام افزایش یافت. افزایش صمغ کنجاک و فشار هموژن به تنهایی هیچگونه اثر معنی داری بر شاخص رفتار جریان نمونه‌ها نداشتند. به منظور بهینه‌سازی صفات در این تحقیق، سختی، قوام، شاخص قوام حداقل و حداکثر رفتار جریان در نظر گرفته شدند که با توجه به صفات مذکور، میزان فشار هموژن ۱٤٦.۵۱ بار، مقدار چربی ۱۸.۰۱ درصد و غلظت صمغ کنجاک ۰.۵۹ درصد به دست آمد.

کلید واژگان: خامه کم‌چرب ، صمغ کنجاک، فشار هموژن، آزمون برشی پایا، آزمون اکستروژن برگشتی.

* مسئول مکاتبات: Qhods@yahoo.com

۱- مقدمه

در طی دهه‌ی گذشته مصرف محصولات غذایی بدون چربی و کم‌چربی گسترش زیادی پیدا کرده است، به این دلیل که بین مصرف چربی و بیماری‌های زیادی از جمله چاقی، بیماری‌های قلبی و عروقی و سرطان ارتباط مستقیم وجود دارد. بنابراین مطالعات زیادی در جهت تولید محصولات رژیمی کم چرب به ویژه محصولات لبنی رژیمی صورت گرفته است [۱]. خامه نیز یکی از محصولاتی است که با محتوای چربی بالا پتانسیل زیادی را برای تحقیق در این راستا دارد و تولید خامه کم‌چرب به شرط حفظ خصوصیات مورد پسند مصرف‌کننده، بازار خوبی را برای تولیدکنندگان فراهم خواهد کرد [۲]. از طرفی کاهش چربی منجر به کاهش ویژگی‌های رئولوژیکی و حسی غذا مانند طعم و مزه، احساس دهانی و بافت می‌شود. بنابراین تولید یک محصول کم‌چرب با همان ویژگی‌های محصول پر چرب، دشوار است. از طرفی به منظور تقلید عملکردهای متفاوت چربی در محصول کم چرب، مواردی از قبیل قوام محصول، تاثیر اندازه ذرات بر احساس دهانی، رنگ، طعم و ویژگی‌های رئولوژیکی، بایستی مورد توجه قرار گیرد [۳]. از این رو روش‌های مختلف برای جایگزین نمودن چربی در فراورده‌های لبنی از قبیل هموژنیزاسیون شیر [٤]، تغییر روش‌های تولید [٥] و افزودن جانشین‌های تقلیدکننده چربی نظیر هیدروکلوئیدها [٦] توسعه یافته است.

هیدروکلوئیدها ترکیباتی هستند که ایجاد قوام و بافت می‌کنند، باعث افزایش پایداری می‌شوند، تشکیل ژل می‌دهند و احساس دهانی را بهبود می‌بخشند. هیدروکلوئیدها، حالتی مشابه یک ساختار چرب و روغنی برای محصولاتی که چربی آنها کاهش یافته است، ایجاد می‌کنند. در حقیقت هیدروکلوئیدها کاهش مقدار کم چربی را به وسیله توانایی‌شان در جذب و باند کردن آب و داشتن ویژگی‌های بافت دهندگی جبران می‌کنند [۷]. دراین میان صمغ کنجاک پلی‌ساکاریدی خنثی است که از گیاهی پایا و چند ساله متعلق به خانواده (Araceae) و گونه (Amorphophalus Konjac) مشتق شده و به خوبی در کشورهای شرقی در طی قرن‌ها شناخته شده است [۸]. صمغ کنجاک دو نقش متفاوت ایفا می‌کند، از یک سو به دلیل غیر قابل هضم بودن یک فیبر غذایی محسوب می‌شود و به خاطر نقش مهم آن در کنترل وزن، اصلاح متابولیسم میکروبی روده، خارج ساختن رادیکال‌های آزاد، ممانعت از رشد تومورهای نهفته و پیشرفته نادر، مورد توجه است و از سوی دیگر به خاطر توانایی جذب آب بالا، به عنوان تشکیل دهنده ژل و عامل سفت کننده در غذاهای سنتی آسیایی استفاده می‌شود [۹].

از دیگر روش‌های پیشنهادی برای اصلاح ویژگی‌های خامه کم چرب، بهره‌گیری از تکنیک هموژنیزاسیون است. این تکنیک سبب کاهش قابل توجه اندازه گلبول‌های چربی شده و تغییراتی را در غشا سبب می‌گردد. از طرفی فراورده‌هایی با چربی بالا به علت تمایل چربی به توده‌ای شدن و همچنین پایین بودن غلظت پروتئین‌های سرمی در شرایط معمول به طور کامل هموژنیزه نمی‌شوند، زیرا چربی در آن شکل توده‌ای به خود گرفته و مواد غشایی (کازئین) نیز به مقدار کافی وجود ندارد. به عبارتی برای انجام یک هموژنیزاسیون موفق باید به ازای هر گرم چربی حداقل ۰/۲ گرم کازئین وجود داشته باشد. همچنین هموژنیزاسیون فشار بالا، باعث تشکیل گویچه‌های کوچک می‌گردد و پراکندگی فاز چربی با بالا رفتن دما افزایش یافته و ویسکوزیته کاهش می‌یابد [۱۰]. بنابراین به طور کلی شرایط مختلف هموژنیزاسیون از جمله فشار آن منجر به تغییرات ویژگی‌های خامه از جمله قوام، احساس دهانی، رنگ، طعم و ویژگی‌های رئولوژیکی می‌شود که تعیین فشار مناسب برای تولید یک محصول با کیفیت، به ویژه محصولی که در آن از جایگزین چربی نیز استفاده شده است بسیار حائز اهمیت است.

تحقیقات مختلفی بر روی اثرات جایگزین‌های چربی و تغییرات فرایندی از جمله هموژنیزاسیون بر خصوصیات خامه به ویژه

خامه کم‌چرب صورت پذیرفته است. به عنوان مثال امام جمعه و همکاران (۱۳۸٦) اثر افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر[2] بر روی خصوصیات فیزیکی خامه لبنی شیرین هموژنیزه شده بررسی نمودند و نشان دادند که افزودن کنسانتره پروتئین آب پنیر ویسکوزیته ظاهری خامه‌های زده نشده را افزایش داد [۱۱]. فرحناکی و همکاران (۱۳۹۰) اثر ژلاتین به عنوان هیدروکلوئید جایگزین چربی در تولید خامه کم‌چرب را بررسی کردند و نشان دادند که ژلاتین قادر به بهبود ویژگی‌های نمونه‌های خامه کم چربی و نزدیک کردن ویژگی‌های آن به ویژگی‌های خامه شاهد ۳۰ درصد چربی می‌باشد [۱۲]. رفیعی طاری و همکاران (۱۳۸۵)، خامه ۳۰٪ چربی، با و بدون افزودن کاراگینان، تری سدیم سیترات و یک نوع پایدار کننده تجارتی تحت فشار هموژنیزاسیون دو مرحله‌ای۲۰ و ۱۵۰ بار و فرایند فرادما را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که میزان آب‌انداختگی[3] خامه‌های دارای پایدارکننده، در مدت نگهداری، در مقایسه با خامه بدون پایدار کننده، کاهش معنی‌داری داشت [۱۳]. علاوه بر این نتایج آنها نشان داد که بین مقدار پایدار کننده و پایداری خامه رابطه مستقیمی وجود دارد.

نتایج تحقیقات امیری و رادی (۱۳۷۸) نیز نشان داد که افزودن نشاسته اصلاح شده در سطح جایگزینی ۵ درصد به دلیل حفظ حالت خامه‌ای و دارا بودن بافت و طعمی قابل قبول برای تهیه خامه کم‌چرب می‌تواند مفید باشد [۲]. بورنر و ویدمر (۲۰۰۰) بیان کردند اگر از دمای پایین برای هموژنیزاسیون شیر استفاده شود امکان خوشه‌ای شدن گویچه‌های چربی وجود دارد، در حالی که دمای بیشتر از ۷۵ درجه نیز باعث تغییر رنگ و طعم خامه می‌گردد [۱٤]. راندال (۱۹۹۹) نیز بیان کرد برای انجام هموژنیزاسیون خامه، محصول باید ویسکوزیته خوبی داشته باشد تا هموژنیزاسیون از راندمان مناسبی برخودار باشد [٦].

با بررسی دقیق منابع در خصوص صمغ کنجاک، مشخص شد که هیچ گونه تحقیق جامعی درخصوص استفاده از صمغ کنجاک در فرمولاسیون انواع خامه انجام نشده است. همچنین در اغلب مطالعات انتشاریافته در مورد خامه کم چرب، اثر جایگزین‌های چربی و یا تغییرات فرایندی از جمله فرایند هموژنیزاسیون به صورت مجزا بر روی خصوصیات خامه مورد توجه قرار گرفته است این در حالی است که تغییرات فرایند به ویژه تغییرات فشار هموژن علاوه بر خامه، بر روی جایگزین‌های چربی از جمله هیدروکلوئیدها موثر است و می‌تواند خصوصیات عملکردی آنها را تحت تاثیر قرار دهد. لذا به منظور درک صحیح از شرایط تولید صنعتی در تحقیقات لازم است این تغییرات به صورت همزمان بررسی گردند. از این رو در این تحقیق با توجه به اهمیت تولید خامه کم‌چرب با خصوصیات رئولوژیکی مناسب، اثر صمغ کنجاک، فشار هموژنیزاسیون و میزان چربی بر خصوصیات رئولوژیکی خامه کم‌چرب با استفاده از روش سطح پاسخ مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- انتخاب مواد اولیه

خامه تازه از شرکت فراورده‌های لبنی رضوی، شیرخشک بدون چربی از شرکت گلشاد مشهد و صمغ کنجاک تولید کشور چین از شرکت فود کم[4] تهیه گردیدند.

مشخصات خامه تازه= مقدار چربی: ۳۰ درصد ، میزان اسیدیته: ۱۰ درجه درنیک، pH: ٦.۷۵، ماده خشک بدون چربی: ٤.۲۵ درصد

مشخصات شیرخشک= مقدار چربی: ۰.۵ درصد، مقدار لاکتوز: ٥٤ درصد، مقدار پروتئین: ۳۳ درصد

مشخصات کنجاک= فعال در محیط‌های خنثی تا اسیدی، وزن ملکولی ۳۵۰ هزار دالتون، محلول در آب سرد و غیر یونی

۲-۲- روش تهیه نمونه‌های خامه

2. Whey protein concentrate(WPC)
3. Syneresis
4. FoodChem

ابتدا صمغ کنجاک در شیر پاستوریزه ٤٥ درجه سلسیوس مخلوط و به صورت ملایم حرارت داده شد تا کاملا حل گردد. سپس با استفاده از مربع پیرسون مخلوط شیر و صمغ تا رسیدن به درصد چربی مورد نظر، به خامه ۳۰ درصد چربی اضافه شد. سپس مخلوط خامه در دمای ٦۰ درجه سلسیوس هموژنیزه شد. مخلوط نهایی به صورت غیرمداوم در دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه پاستوریزه و سپس در لیوان پلی‌اتیلن بسته‌بندی و در دمای ٤ درجه سلسیوس تا زمان انجام آزمون‌ها در یخچال نگهداری شد [۱۲]. لازم به ذکر است که میزان صمغ، فشارهموژن و درصد چربی خامه بر مبنای تیمارهای جدول ۱ تعیین گردید.

۲-۳- آزمون برشی پایا

آزمون رفتار جریان در محدوده سرعت برشی ۸۰-۱ برثانیه با استفاده از اسپیندل SC4-31 ویسکومتر چرخشی مدل RVDV III Ultra شرکتBrookfield کشور آمریکا انجام گردید. دمای نمونه نیز در طول فرآیند با چرخش مداوم آب توسط حمام سرکولاتور (سری MA شرکت Julabo کشور آمریکا) در بین دو جداره استوانه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد. از مدل مدل قانون توان یا استوالد[5] نیز برای توصیف رفتار جریان نمونه‌ها استفاده شد [۱۵].

$$\tau = k_p \dot{\gamma}^{n_p}$$

k: ضریب قوام[6] مدل قانون توان (Pa sn) و n: شاخص رفتار جریان[7] مدل قانون توان (بدون بعد)

۲-٤- آزمون اکستروژن برگشتی

برای آزمون اکستروژن برگشتی از دستگاه ((Texture Analyzer (Stable Micro Systems, London, UK) استفاده شد. جهت انجام این آزمون سیلندر با قطر ۵۰۰ میلی‌متر و عمق ۱۰ سانتی‌متر و پروب با قطر ٤۰ میلیمتر و ضخامت ۱۳ میلی‌متر و سرعت حرکت پروب ۱/٦۷ میلی‌متر بر ثانیه در نظر گرفته شد [۱٦].

بیشترین مقدار نیرو در قسمت مثبت نمودار به عنوان سختی[8]، مساحت زیر نمودار در قسمت مثبت به عنوان قوام[9] و مساحت زیر نمودار در قسمت منفی به عنوان چسبندگی[10] در نظر گرفته شدند.

۲-۵- طرح آزمایش و آنالیز آماری

در این طرح تیمارهای فرایند در قالب طرح مرکب مرکزی (CCD) با شش تکرار در نقطه مرکزی برای سه متغیر انجام شد به صورتی که تعداد کل تیمارها ۲۰ تیمار شد (جدول ۱). نتایج پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری (Design-Expert version 10) به روش سطح پاسخ (R.S.M) آنالیز شد و هر یک از متغیرهای پاسخ در قالب مدل رگرسیون چندجمله‌ای زیر به صورت تابعی از متغیرهای مستقل ارائه شدند:

(۱)

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta_i x_i + \sum_{i=1}^{3} \beta_{ij} x_i^2 + \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=i+1}^{3} \beta_{ij} x_i x_j$$

که در آن Y عبارت است از متغیر تابع یا پاسخ X1، X2 و X3 سطوح کدبندی شده متغیرهای مستقل، k مقدار ثابت (مقدار پاسخ در حالتی که متغیرهای مستقل در نقطه مرکزی یعنی صفر قرار دارند)، C, B, A به ترتیب اثرات خطی فشار هموژن، چربی و صمغ کنجاک، B^2, A^2 و C^2 اثرات درجه دوم و سایر ضرایب اثرات متقابل می‌باشند. با استفاده از جدول آنالیز واریانس (ANOVA) معنی‌دار بودن اثرات خطی، درجه دوم و متقابل ضرایب مدل رگرسیون برای هر پاسخ در سطوح ۰/۰۵، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱ بررسی گردید.

5. Power law
6.Consistency coefficient
7. Flow behavior index

8. Hardness
9. Consistency
10. Adhesiveness

Table 1 Coded and actual levels of independent variables

Sample codes	Coded levels			Actual levels	
	X_1	X_2	X_3	Homogenization pressure (bar)	Fat content (%)	Konjac gum (%)
1	-1	-1	-1	100	18	0.2
2	-1	-1	1	100	18	0.6
3	1	-1	-1	200	18	0.2
4	-1	1	-1	100	25	0.2
5	1	-1	1	200	18	0.6
6	-1	1	1	100	25	0.6
7	1	1	-1	200	25	0.2
8	1	1	1	200	25	0.6
9	0	-1	0	150	18	0.4
10	-1	0	0	100	21.5	0.4
11	0	0	-1	150	21.5	0.2
12	0	1	0	150	25	0.4
13	1	0	0	200	21.5	0.4
14	0	0	1	150	21.5	0.6
15	0	0	0	150	21.5	0.4
16	0	0	0	150	21.5	0.4
17	0	0	0	150	21.5	0.4
18	0	0	0	150	21.5	0.4
19	0	0	0	150	21.5	0.4
20	0	0	0	150	21.5	0.4

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تعیین مدل ها

معادلات به دست آمده برای پیش بینی متغیر های وابسته با استفاده از روش سطح پاسخ برای متغیرهای معنی دار در جدول ۲ آمده است. برای بررسی صحت مدل از ضریب تبیین (R^2) و تست عدم برازش استفاده گردید. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است ضریب تبیین برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده بالاتر از ۰/۸ بوده و فاکتور عدم برارزش نیز برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد. بنابراین بالا بودن ضریب تبیین و معنی‌دار نبودن عدم برازش برای تمامی پاسخ‌ها صحت مدل را برای برازش اطلاعات تأیید می‌کند. برای مشاهده بهتر اثر متغیرهای مستقل بر روی صفات مورد آزمایش، نمودارهای سطح پاسخ برای هر صفت رسم گردید.

Table 2 Predicted models for the rheological parameters of the low fat cream samples

Dependent variable	Equation	F Value	p-value Probe > F	R^2	Adj R^2	CV	Lack of fit
Hardness	$y1 = 232.46 + 100.24A + 134.89B + 143.75C + 178.54AB - 104.84AC - 143.37BC - 32.53A^2 + 98.07B^2 + 102.13C^2 + 171.18ABC - 183.83A^2B + 115.76A^2C - 172.03AB^2$	69.27	0.0001	0.99	0.90	8.87	n.s.
consistency	$y2 = 3777.11 + 1605.73A + 2144.12B + 2776.95C + 1342.35AB + 2071.24AC - 488.43BC + 406.04A^2 - 1502.29B^2 + 2679.02C^2 - 2631.73ABC + 1696.25A^2B - 2514.36AC^2$	99.88	0.0001	0.99	0.99	6.50	n.s.
Adhesiveness	$y3 = -2035.01 + 351.31A + 1054.45B + 969.64C + 211.83AB + 108.78AC + 618.73BC - 91.60A^2 - 804.17B^2 + 1109.21C^2 - 1875.89ABC + 597.14A^2B - 1665.87AC^2 + 1842.79A^2C$	926.20	0.0001	0.99	0.98	2.45	n.s.
flow behavior index	$y4 = 0.47 - 7/\times10^{-3}A - 0.036B + 0.01C - 0.02AB + 0.028AC + 0.05BC + 6/5\times10^{-3}A^2 - 0.016B^2 + 0.035C^2$	9.37	0.0037	0.99	0.82	5.44	n.s.
consistency coefficient	$y5 = 22.84 + 10.26A + 5.19B + 14.82C + 2.14AB + 2.26AC - 3.70BC - 3.12A^2 + 6.626B^2 + 3.49C^2 - 4.40ABC$	923.56	0.0001	0.99	0.99	2.11	n.s.

۳-۲- سختی

سختی نمونه‌های مورد آزمون بین ۲۱/۲۷ تا ٦٤١/١٩ گرم متغیر بود به طوری نمونه حاوی ۱۸ درصد چربی، ۰/۲ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۱۰۰ بار حائز کمترین سختی (۲۱/۷گرم) و نمونه حاوی ۲۵ درصد چربی، ۰/٦ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۲۰۰ بار حائز بیشترین سختی (٦٤١/١٩ گرم) شدند. در بین تمامی مدل‌ها، مدل چند جمله‌ای درجه سه بهترین برازش را بر داده‌های مورد آزمون داشت که نشان‌دهنده رفتار غیر خطی اثرات چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن بر سختی نمونه‌ها می باشد. شکل۱ تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن را بر روی سختی در شرایطی که چربی در مقدار حداقل (۱۸ درصد) (شکل الف) و چربی حداکثر (۲۵ درصد) (شکل ب) ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرایب جدول ۲ نشان می‌دهد.

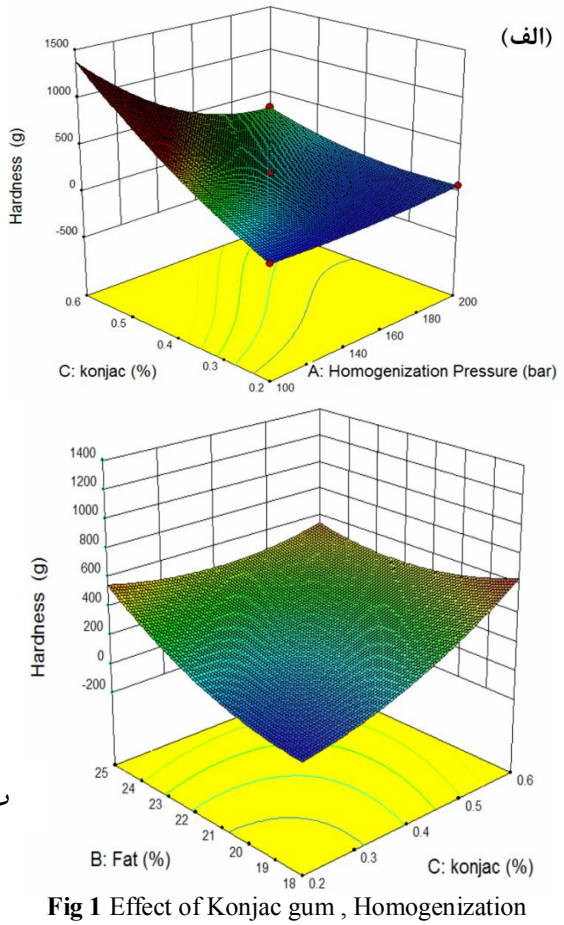

Fig 1 Effect of Konjac gum , Homogenization pressure and Fat content on Harness of low fat cream sampls
(A: Fat content of 18% B: Fat content of 25%)

با توجه به شکل ۱- الف در شرایطی که چربی نمونه‌ها در مقدار حداقل، ثابت نگه داشته شود با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک سختی نمونه‌ها نیز به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد. صمغ کنجاک به دلیل برقراری پیوند بین آب آزاد موجود در بافت خامه و افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته و خاصیت قوام دهندگی به ویژه در نمونه‌های حاوی چربی کمتر منجر به سختی نمونه‌ها شد. ژائو و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند که افزودن غلظت‌های مختلف صمغ زانتان منجر به افزایش سختی خامه قنادی شد [۱۷]. ایمسون و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که افزودن لاندا کاراگینان و صمغ لوبیای خرنوب توانست سختی خامه قنادی را افزایش دهد. بر اساس نتایج این تحقیق افزایش چربی نیز منجر به افزایش سختی نمونه‌ها گردید [۱۸]. ساجدی و همکاران (۲۰۱٤) نشان دادند که میزان چربی بر سختی خامه هوادهی شده موثر است [۱٦]. همچنین با توجه به شکل ۱- ب در شرایطی که چربی نمونه‌ها در مقدار حداکثر، ثابت نگه داشته شود با افزایش میزان فشار هموژن تا حدود ۱٦۰ بار ابتدا سختی افزایش ولی با افزایش بیشتر فشار هموژن از ۱٦۰ بار تا ۲۰۰ بار سختی نمونه‌ها کاهش می‌یابد. فشار هموژن بالا به ویژه برای نمونه‌های حاوی چربی بالا و مقدار کم پروتئین‌های سرمی، باعث تخریب ساختار گلبول‌های چربی شده که مقاومت درونی خامه را کاهش می‌دهد [۱۹]. همچنین با مقایسه دو شکل ۱- الف و ۱- ب می‌توان دریافت که افزودن صمغ کنجاک در نمونه‌های کم‌چرب نسبت به نمونه‌های پرچرب تاثیر بهتری در افزایش سختی نمونه‌ها دارد و این امر نشان می‌داد افزودن صمغ کنجاک می‌تواند کاهش سختی ناشی از کاهش چربی را جبران کند.

۳-۳- قوام

قوام نمونه‌های مورد آزمون بین ٤۸۸/۳۳ تا ۱۰٦۳۲/٤ گرم ثانیه متغیر بود به طوری که نمونه حاوی ۱۸ درصد چربی، ۰/۲ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۱۰۰ بارحائز کمترین قوام (٤۸۸/۳۳ گرم ثانیه) و نمونه حاوی ۲۵ درصد چربی، ۰/٦ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۱۰۰ بار حائز بیشترین قوام (۱۰٦۳۲/٤ گرم ثانیه) شدند. در بین تمامی مدل‌ها، مدل چند جمله‌ای درجه سه بهترین برازش را بر داده‌های مورد آزمون داشت که نشان‌دهنده رفتار غیرخطی اثرات چربی، صمغ کنجاک و فشار

هموژن بر قوام نمونه‌ها می باشد. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که کلیه اثرات خطی، متقابل و درجه دوم چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن در سطح ۹۹ درصد بر روی قوام نمونه‌ها معنی‌دار بود. شکل۲ تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن را بر روی قوام در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۲۱/۵ درصد) ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرائب جدول ۲ نشان می‌دهد.

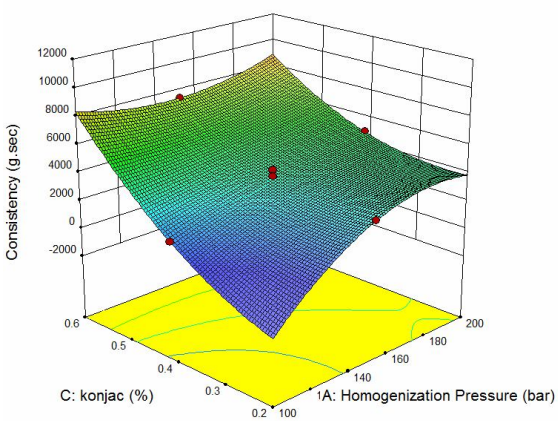

Fig 2 Effect of Konjac gum and Homogenization pressure on Consistency of low fat cream sampls (Fat content of 21.5%)

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک قوام نمونه‌ها نیز به طور معنی‌دار افزایش می یابد. به احتمال زیاد افزایش فشار هموژن باعث کاهش توزیع اندزه ذرات موجود در امولسیون شده که با کاهش توزیع اندازه ذرات ویسکوزیته دیسپرسیون و در نتیجه قوام افزایش می‌یابد. صمغ کنجاک نیز با جذب آب آزاد به خود باعث کاهش آب آزاد و در نتیجه افزایش قوام خامه می‌شود. همچنین بر اساس نتایج تحقیق با افزایش میزان چربی مقادیر قوام نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد.

۳-٤- چسبندگی

چسبندگی نمونه‌های مورد آزمون به ترتیب بین ٤٧/٠٧- تا ٧٠٠١/٤٥- گرم ثانیه متغیر بود به طوری که نمونه حاوی ۱۸ درصد چربی، ۰/۲ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۱۰۰ بار حائز کمترین چسبندگی (٤٧/٠٧- گرم ثانیه) و نمونه حاوی ۲۵ درصد چربی، ۰/٦ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۲۰۰ بار حائز بیشترین چسبندگی (٧٠٠١/٤٥- گرم ثانیه) شد. در بین تمامی مدلها، مدل چند جمله‌ای درجه سه بهترین برازش را بر داده‌های مورد آزمون داشت که نشان‌دهنده رفتار غیر خطی اثرات چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن بر چسبندگی نمونه‌ها می‌باشد. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که کلیه اثرات خطی، متقابل و درجه دوم چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن در سطح ۹۹ درصد بر روی چسبندگی نمونه‌ها معنی‌دار بود. شکل ۳ تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن و شکل ٤ تأثیر فشار هموژن و چربی را بر روی چسبندگی نمونه‌ها را با توجه به ضرائب جدول ۲ نشان می‌دهند.

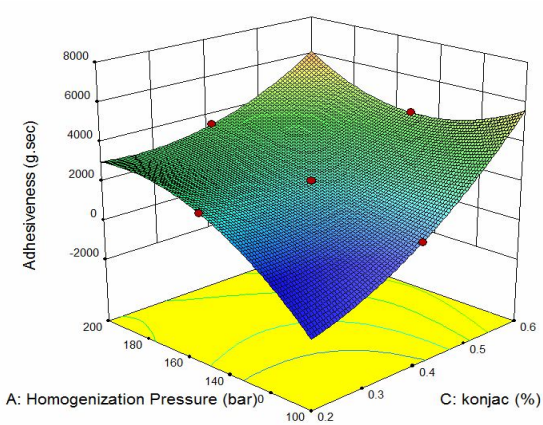

Fig 3 Effect of Konjac gum and Homogenization pressure on adhesivness of low fat cream sampls (Fat content of 21.5%)

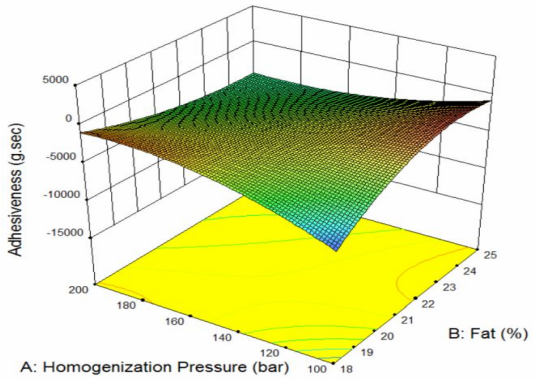

Fig 4 Effect of Fat content and Homogenization pressure on Adhesivness of low fat cream sampls (Konjac gum of 0.4%)

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک چسبندگی نمونه‌ها نیز به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد این درحالی است که با افزایش همزمان فشار هموژن و چربی، چسبندگی نمونه‌ها به میزان بیشتری افزایش می‌یابد (شکل ٤) که نشان‌دهنده اثر سینرزیستی چربی و فشار هموژن بر روی چسبندگی نمونه‌ها می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان چربی مقادیر چسبندگی و نیروی

چسبندگی نیز افزایش می‌یابد. در ارتباط با چسبندگی نمونه‌های خامه می‌توان گفت که با توجه به این که نیروی چسبندگی، نیروی لازم جهت غلبه بر نیروی جاذبه سطحی بین ذرات است، لذا هرچه ساختار و شبکه کریستال‌های چربی از سختی بیشتری برخوردار باشد، چسبندگی نیز بیشتر خواهد بود که نتایج حاصل از سختی نیز آن را تأیید می‌کند. همچنین چسبندگی نیز مانند سختی تحت تأثیر شبکه سه‌بعدی ایجاد شده توسط صمغ قرار می‌گیرد [۲۰].

۳-۵- شاخص رفتار جریان برشی پایا

شکل ۵ شاخص رفتار جریان تیمار شماره ۵ (جدول ۱) را بر حسب تنش برشی- درجه برش را نشان می‌دهد. از آنجایی که رابطه بین تنش برشی- درجه برش کلیه نمونه‌ها مانند نمونه شماره ۵ غیرخطی است، بنابراین نمونه‌های خامه از نظر رئولوژیکی جزء سیالات غیرنیوتنی طبقه‌بندی می‌شوند. در این تحقیق از مدل قانون توان نیز برای توصیف شاخص رفتار جریان رئولوژیکی مستقل از زمان نمونه‌ها استفاده شد. نتایج بدست آمده از مدل‌سازی نشان داد مدل قانون توان به دلیل ضریب تبیین بالا، مدل مناسبی برای برازش داده‌های تنش برشی- درجه برش نمونه‌های خامه بود. میرعرب‌رضی (۱۳۹۳) و بهرام‌پرور و همکاران (۲۰۱۰) نیز مدل توان را به عنوان مدل پیشنهادی برای توصیف رفتار جریان فراورده‌های مشابه از جمله موس شکلاتی و بستنی ارائه دادند [۲۱و۱٤].

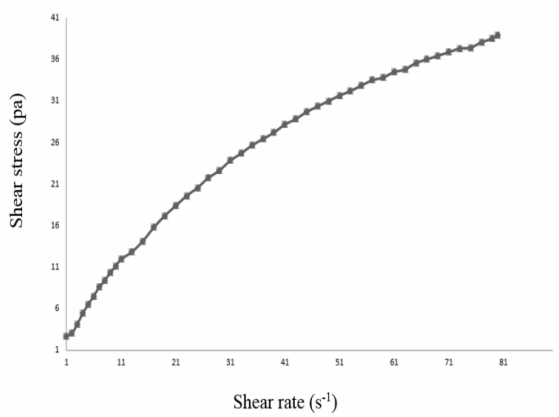

Fig 5 Variations in the shear rate against shear stress for the sample NO. 5 (0.6% Konjac gum, 18%Fat content and 200 bar Homogenization pressure)

پارامترهای حاصل از برازش مدل قانون توان برای نمونه‌های خامه در محدوده درجه برشی ۸۰-۱ برثانیه در دمای ٤ درجه سلسیوس در جدول ۳ نشان داده شده است.

Table 3 The parameters of the law model for low fat cream sampls (shear rate 1-80 1/s and 4°C)

Sample codes	Homogenization pressure (bar)	Fat content (%)	Konjac gum (%)	k(Pa sn)	n	R^2
1	100	18	0.2	1.17	0.60	0.99
2	100	18	0.6	31.87	0.40	0.99
3	200	18	0.2	4.09	0.55	0.99
4	100	25	0.2	22.83	0.46	0.99
5	200	18	0.6	23.37	0.60	0.99
6	100	25	0.6	39.37	0.46	0.94
7	200	25	0.2	34.94	0.30	0.99
8	200	25	0.6	23.37	0.60	0.99
9	150	18	0.4	22.83	0.46	0.99
10	100	21.5	0.4	23.37	0.50	0.99
11	150	21.5	0.2	11.51	0.49	0.99
12	150	25	0.4	34.64	0.43	0.99
13	200	21.5	0.4	29.98	0.46	0.98
14	150	21.5	0.6	23.37	0.60	0.99
15	150	21.5	0.4	23.11	0.42	0.99
16	150	21.5	0.4	22.02	0.46	0.99
17	150	21.5	0.4	23.13	0.50	0.99
18	150	21.5	0.4	29.98	0.48	0.99
19	150	21.5	0.4	24.27	0.46	0.99
20	150	21.5	0.4	5.85	0.46	0.99

۳-۵-۱- شاخص رفتار جریان (n)

بر طبق جدول ۳ شاخص رفتار جریان نمونه‌های مورد آزمون بین ۰/۳۰۹ تا ۰/۶۰۲ متغیر بود به طوری که تیمار شماره ۷ (حاوی ۲۵ درصد چربی، ۰/۲ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۲۰۰ بار) حائز کمترین شاخص رفتار جریان (۰/۳۰۹) و تیمار شماره ۱ (حاوی ۱۸ درصد چربی، ۰/۲ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۱۰۰ بار) حائز بیشترین شاخص رفتار جریان (۰/۶۰۴) شدند. شاخص تمامی نمونه‌ها کمتر از ۱ بوده است که نشان دهنده رفتار شل‌شونده با برش (سودوپلاستیک) نمونه‌های خامه می‌باشد. علت بروز رفتار سودوپلاستیک کلیه نمونه‌ها این است که مولکولها در درجه برش‌های پایین به صورت نامنظم آرایش پیدا می‌کنند و تنها به صورت جزئی هم‌راستا می‌باشند و این امر منجر به ایجاد ویسکوزیته بالا در مخلوط می‌شود. اما با افزایش درجه برش مولکول‌ها هم‌راستا شده و در نتیجه اصطکاک داخلی افزایش و ویسکوزیته مخلوط کاهش می‌یابد [۲۲]. لذا در اثر اعمال درجه برش‌های مختلف ساختار گلبول‌های چربی شکسته‌شده، در نتیجه مقاومت درونی در برابر برش کاهش می‌یابد که می‌تواند بیانگر این رفتار خامه باشد [۲۳]. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که در بین اثرات خطی، متقابل و درجه دوم، اثر خطی چربی در سطح ۹۹ درصد و اثرات متقابل صمغ کنجاک - فشار هموژن در سطح ۹۵ درصد و چربی- صمغ کنجاک در سطح ۹۹ درصد بر روی شاخص رفتار جریان معنی‌دار بود در حالی که صمغ کنجاک و فشار هموژن به تنهایی هیچگونه اثر معنی‌داری بر شاخص رفتار جریان نمونه‌ها نداشتند. عدم معنی‌داری صمغ کنجاک و فشار هموژن به تنهایی و معنی‌دار شدن اثر متقابل صمغ کنجاک - فشار هموژن بر روی شاخص رفتار جریان نمونه‌ها نشان دهنده اثر سینرژیستی آن‌ها بر روی یکدیگر می‌باشد. شکل ۵ تأثیر چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن را بر روی شاخص رفتار جریان نمونه‌ها با توجه به ضرائب جدول ۲ را نشان می‌دهد.

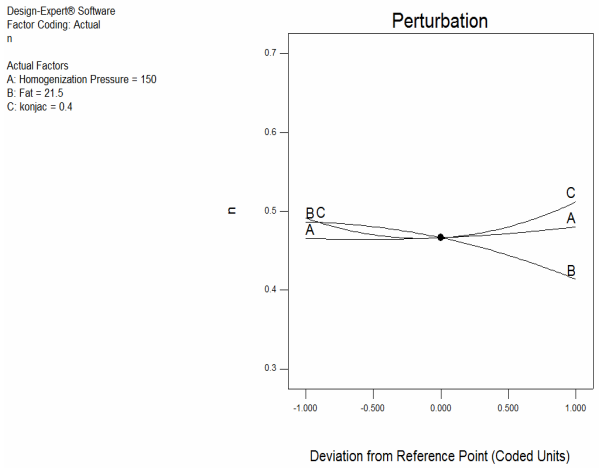

Fig 6 Effect of Konjac gum, Fat content and Homogenization pressure on the flow behavior index of low fat cream sampls

همان‌طور که در شکل ٦ مشاهده می‌شود با افزایش میزان فشار هموژن و صمغ کنجاک شاخص رفتار جریان نمونه‌ها مقدار کمی افزایش می‌یابد اگرچه همانطور که در قبل ذکر شد این تغییرات معنی‌دار نیست. همچنین مطابق شکل ٦ با افزایش میزان چربی مقادیر شاخص رفتار جریان نیز به طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. با توجه به اثر افزایش درجه برش بر بیشتر کردن هم‌راستایی مولکول‌ها و افزایش اصطکاک داخلی و در نتیجه کاهش ویسکوزیته نمونه‌ها، می‌توان چنین برداشت کرد که افزایش مقدار چربی موجب تقویت این اثرات می‌گردد. مارکوت و همکاران (۲۰۰۱)، مقدار شاخص رفتار جریان و تغییر آن با غلظت را تابعی از اندازه مولکولی می‌دانند [۲٤]. ایم و همکاران (۲۰۰۰) عنوان کردند که وجود گلبول‌های چربی در مخلوط بستنی به ایجاد رفتار سودوپلاستیک در آن کمک می‌کند. بنابراین طبیعی است که با افزایش مقدار آن، رفتار مخلوط به حالت سودوپلاستیک نزدیک‌تر شود [۱۸].

۳-۵-۲- ضریب قوام

ضریب قوام نمونه‌های مورد آزمون بین $Pa.s^n$ ۱/۱۷ تا $Pa\ s^n$ ۳۹/۳۷ متغیر بود به طوری که نمونه حاوی ۱۸ درصد چربی، ۰/۲ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۱۰۰ بار حائز کمترین ضریب قوام ($1/17\ Pa\ s^n$) و نمونه حاوی ۲۵ درصد چربی، ۰/٦ درصد صمغ کنجاک و فشار هموژن ۱۰۰ بار حائز بیشترین ضریب قوام ($39/37\ Pa\ s^n$) شدند. ضریب قوام شاخصی برای اندازه‌گیری

طبیعت ویسکوز موادغذایی و فاکتوری مشابه با ویسکوزیته ظاهری است [۲۵]. برای ایجاد ویسکوزیته بالا و احساس دهانی مناسب و دلخواه می‌بایست ضریب قوام نمونه‌ها بالا و شاخص رفتار جریان پایین باشد [۲۶]. لذا تمام نمونه‌های تهیه شده در این تحقیق k بالا داشتند، در نتیجه از این نظر نیز مطلوب بودند. در بین تمامی مدل‌ها، مدل چندجمله‌ای درجه سه بهترین برازش را بر داده‌های مورد آزمون داشت که نشان‌دهنده رفتار غیر خطی اثرات چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن بر ضریب قوام نمونه‌ها می‌باشد. همچنین نتایج بررسی‌ها نشان داد که کلیه اثرات خطی، متقابل و درجه دوم چربی، صمغ کنجاک و فشار هموژن در سطح ۹۹ درصد بر روی ضریب قوام نمونه‌ها معنی‌دار بود. شکل ٦ تأثیر صمغ کنجاک و فشار هموژن را بر روی ضریب قوام در شرایطی که چربی در نقطه مرکزی (۲۱/۵ درصد) ثابت نگه‌داشته شده را با توجه به ضرائب جدول ۲ نشان می‌دهد.

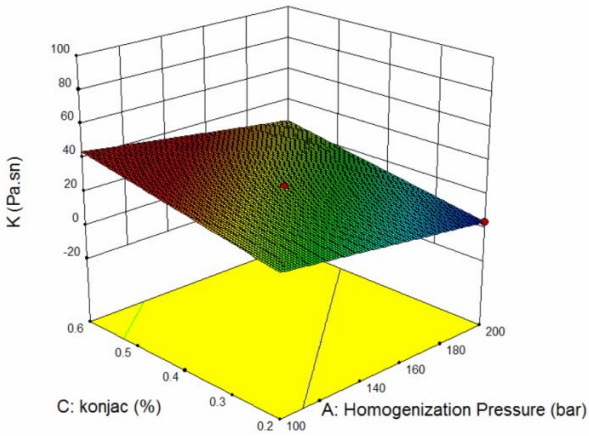

Fig 7 Effect of Konjac gum and Homogenization pressure on Consistency coefficient of low fat cream (Fat content of 21.5%)

همان‌طور که در شکل۷ مشاهده می‌شود با افزایش صمغ کنجاک ضریب قوام نمونه‌ها نیز به طور معنی‌دار افزایش می‌یابد در حالی که با افزایش میزان فشار هموژن ضریب قوام کاهش می‌یابد. غفاری‌امام (۱۳۹۵) نشان داد که افزودن پودر ثعلب که حاوی هیدروکلوئیدهای مختلف است منجر به افزایش ضریب قوام خامه قنادی شد و افزایش فشار هموژن باعث کاهش آن شد [۲۷]. محمدی (۱۳۹۰) نیز نشان داد که افزایش هموژنیزاسیون منجر به کاهش ضریب قوام محلول نیم درصد کربوکسی متیل سلولز شد [۲۸]، لذا به نظر می رسد فشار هموژن علاوه بر تخریب ساختار گلبول‌های چربی و کاهش مقاومت درونی خامه [۲۹] بر روی ویژگی‌های عملکردی صمغ کنجاک نیز موثر باشد. لذا به نظر می‌رسد استفاده از صمغ کنجاک به عنوان افزایش‌دهنده قوام در خامه که فرایند هموژنیزاسیون در آن انجام می‌شود با چالش مواجه است و لذا به نظر می‌رسد به منظور رفع این مشکل صمغ کنجاک باید پس از فرایند هموژنیزاسیون افزوده شود. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان چربی مقادیر ضریب قوام نیز افزایش می یابد. ایم و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند با افزایش میزان چربی ضریب قوام بستنی کم‌چرب افزایش یافت [۳۰].

۳-٦- بهینه سازی

با توجه به صفات مذکور، میزان فشار هموژن ۱٤٦/٥۱ بار، چربی ۱۸/۰۱ درصد و صمغ کنجاک ۰/٥۹ درصد به دست آمد که چنین محصولی دارای سختی ۳۹۹/۱۹، قوام ٦۷۹٤/٥۱، شاخص قوام ٤٦/۷۳ و رفتار جریان ۰/٤۳ خواهد بود. یکی از کاربردهای روش سطح پاسخ، بهینه‌سازی متغیرهای فرایند تولید می‌باشد. بهینه‌سازی متغیرها به گونه‌ای صورت می‌گیرد که مجموع پاسخ‌ها بیشترین امتیاز ممکن را دریافت نمایند. در این تحقیق یافتن مقادیری از صمغ کنجاک (در دامنه۰/۲ تا ۰/٦ درصد)، میزان چربی (در دامنه ۱۸ تا ۲٥ درصد) و فشار هموژن (در دامنه۱۰۰ تا ۲۰۰ بار) به گونه‌ای که خامه حاصل تا حد امکان بیشترین امتیاز سختی، قوام، شاخص قوام و کمترین امتیاز رفتار جریان را داشته باشد، مدنظر بوده است.

٤- نتیجه گیری

ویژگی‌های رئولوژیکی محصولاتی مانند خامه نقش مهمی در عمل آوری و بازارپسندی محصول دارد. در خامه این ویژگی‌ها عمدتاً تحت تاثیر فرایند تولید، میزان چربی و نوع صمغ احتمالی به کار رفته در آن، قرار می‌گیرد. تعیین ترکیب بهینه از صمغ و فشار هموژن در جهت بهبود ویژگی‌های رئولوژیکی به ویژه در راستای کاهش چربی در فرمولاسیون، از لحاظ اقتصادی و تغذیه‌ای بسیار حائز اهمیت است. لذا در این پژوهش اثر مقادیر مختلف صمغ کنجاک، میزان چربی و فشار هموژن بر ویژگی‌های رئولوژیکی خامه کم‌چرب مورد بررسی قرار گرفت و این شرایط

بهینه گردید به طوری که سختی، قوام، شاخص قوام، حداکثر و رفتار جریان حداقل، در نظر گرفته شدند. با توجه به صفات مذکور، میزان فشار هموژن ۱٤٦/٥۱ بار، چربی ۱۸/۰۱ درصد و صمغ کنجاک ۰/۵۹ درصد به دست آمد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که صمغ کنجاک به عنوان یک هیدروکلوئیدی که خود دارای ارزش تغذیه‌ای بالایی است، می‌تواند به عنوان جایگزین مناسب چربی در خامه مورد استفاده قرار گیرد و خواص رئولوژیکی مطلوبی را در آن ایجاد کند. ضمن اینکه بر اساس نتایج این پژوهش استفاده از صمغ کنجاک به عنوان افزایش‌دهنده قوام در خامه قبل از فرایند هموژنیزاسیون با چالش مواجه است و منجر به افت اثرگذاری آن می‌شود که ناشی از اثر منفی فشار هموژن بر صمغ می باشد. لذا پیشنهاد می‌شود به منظور رفع این مشکل صمغ کنجاک پس از فرایند هموژنیزاسیون به خامه اضافه گردد.

۵- منابع

[1] Worrasinchai, S., Suphantharika, M., Pinjai, S. and Jammong, P. 2006. β-Glucan prepared from spent brewers react as a fat replacer in mayonnaise. Food Hydrocolloids, 20: 68- 8.

[2] Amiri, S. and Radi, M. 2000. Investigation of Physicochemical, texture and sensory-taste properties of low-fat cream prepared from modified wheat starch. 18th National Congress of Iran Food Industry.

[3] Liu, H., Xu, X. M. and Guo, S. H. D. 2007. Rheological, texture and sensory properties of lowfat mayonnaise with different fat mimetics. Food Science and Technology, 946-954.

[4] Merrill, R.K., Oberg, C. and McMahon, D. 1994. A method for manufacturing reduced fat Mozzarella cheese. Journal Dairy Science, 77: 1783-1789.

[5] Perry, D. M., McMahon, D. and Oberg, C. 1997. Effect of exopolysaccharideproducing cultures on moisture retention in low fat Mozzarella cheese. Journal Dairy Science, 80: 799–805.

[6] Rudan, M.A., Barbano, D.M., Yun, J.J. and Kindstedt, P.S. 1998. Effect the modification of fat Particle size by homogenization on composition, proteolysis, functionality and appearance of reduced fat Mozzarella cheese. Journal Dairy Science, 81: 2065-2076.

[7] Guven, M., Yasar, K., Karaca, O.B. and Hayaloglu, A.A. 2005. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set type low, fat yogurt manufacture. International Journal of Dairy Technology, 58 (3): 180-84.

[8] Chua, M., Chan, K., Hocking, T.J., Williams, P. A., Perry, C. J. and Baldwin, T.C .2012. Methodologies for the extraction and analysis of konjacglucomannan from corms of Amorphophalluskonjac K. Koch. Carbohydrate Polymers, 87(3): 2202-2210.

[9] Zhang, L., Xue, Y., Xu, J., Li, Z. and Xue, C. 2015. Effects of deacetylation of konjac glucomannan on Alaska Pollock surimi gels subjected to high-temperature (120℃) treatment, Food Hydrocolloids, 43: 125-131.

[10] Ghods Rouhani, M. 2006. Principle of Milk Chemistry, Pajohesh Toos Publishing.

[11] Emam Djome, Z., Mousavi, M.E. and Ghorbani, A.V. 2008. Effect of WPC addition on the physical properties of homogenized sweetened dairy cream. International Journal of Dairy Technology, 67(2) : 183-191.

[12] Farahnaki, A., Safari, Z., Ahmadi Gorji, F. and Mesbahi, G. R. 1390. Application of gelatin as a substitute for lipid hydrocolloids in low fat cream production. Journal of Food Science and Technology, 31(8): 45-52.

[13] Rafiee Tari, N., Ehsani M. R., Mazloomi, M. T. and Ebrahimzadeh Mousavi, M.A. 1385. The effect of type and amount of stabilizers on UHT cream stability, Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry, 1: 45-49.

[14] Bahramparvar, m. and mazaheri Tehrani, m. 2011. Application and function of stabilizers in ice cream. Food reviews international, 27(4): 389-407.

[15] Rao, M.A. 1999. Rheology of Fluid & Semisolid Foods Principles & Applications. Aspen Publishers, Inc., USA

[16] Sajedi, M., Nasirpour, A., Keramat, J. and Desobry, S. 2014. Effect of modified whey protein concentrates on physical properties and stability of whipped cream. Food Hydrocolloids, 36: 93-101.

[17] Zhao, Q. Z., Zhao, M. M., Li, J. R., Yang, B., Su, G. W., Cui, C. and Jiang, Y. M. 2009.

Effect of Hydroxypropyl Methylcellulose on the Textural and Whipping Properties of Whipped Cream. Food Hydrocolloids, 23: 2168-2173.

[18] Imeson, A. 2010. Food stabilizers, thickeners and gelling agents. 978. Chichester: Blackwell publishing Ltd, P 372.

[19] Mulder, H. and Walstra, P. 1974. The Milk Fat Globule. Emulsion as Applied to Milk Products and Comparable Foods. Center for agricultural publishing and documentation, Wageningen, the Netherlands.

[20] Motamedzadegan, A., Shahidi, A., Hosseini Parvar, H. And Abdali, S. 1392. Investigating the Effect of Gelatin Type on Functional Properties of Non-Fatty Shaped Yogurt. Journal of Food Science and Technology, 47: 221-230.

[21] Mir Araz Razi, S. 1393. The effect of sodium cazeinate proteins, whey concentrate, albumin and gelatin on the sensory and physicochemical properties of chocolate mousse. Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad.

[22] Mahdian, E., Mazaheri Tehrani, M. and Shahidi, F. 2011. Evaluation of the effect of soy flour on rheological properties of ice cream. Iranian journal of food science and technology, 31(8): 107 - 114.

[23] Race, S.W. 1991. Improved product quality through viscosity easurement. Food technology, 45: 86-88.

[24] Marcotte, M., Hoshahili, A.R.T. and Ramaswamy, H. S. 2001. Rheological properties of selected hydrocolloids as a function of concentration and temperature, Food Research International, 34: 695-703.

[25] Sopade, P.A. and Kassum, L.A. 1992. Rheological characterization of akamu a semi fluid food from maize millet and sorghum, journal of cereal science, 15: 193-202

[26] Izidoro, D., Sierakowski, M.R., Waszczynskyj, N., Haminiuk, W.I.C. and Scheer, A.P. 2007. Sensory evaluation and rheological behavior of commercial mayonnaise. International Journal of Food Engineering, 3(1): 5.

[27] Ghaffari Imam, Q. M. 1395. Low-fat confectionary production using a combination of sodium carboxymethylcellulose, agar, carrageenan, Mann, and diaglyceride stabilizers. Master's thesis, Islamic Azad University, Shahre Ghods.

[28] Mohammadi, S. M. 2011. Effect of ultrasound, homogenization and shear stress on physicochemical properties of carboxymethyl cellulose gum, Master's thesis, Shiraz University.

[29] Azimian Dehkordi. 1395. The effect of Persian gum and emulsifiers on the physicochemical properties of creamy confectionary. Master's thesis, Isfahan University.

[30] Aime, D.B., Arntfield, S.D., Malcolmson, L.J. and Ryland, D. 2001. Textural analysis of fat reduced ice cream products, food research international, 34: 237-246

The effects of konjac gum, fat content and homogenization pressure on rheological properties of low fat cream

Mohammadi, S. A. [1], Ghods Rohani, M. [2]*, Najaf Najafi, M. [2], Morteza Kashaninejad [3]

1. MSc of Novel Dairy Products Manufacture, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2. Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
3. Phd student of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran.

(Received: 2018/12/25 Accepted:2019/03/02)

In this research, the effects of Konjac gum (0.2-0.6%), Fat content (18-25%) and Homogenization pressure (100-200 bar) on rheological properties of low fat cream were investigated. The results of the back extrusion test indicated that increasing konjac gum, fat content and homogenization pressure, significantly increased hardness, consistency and adhesiveness. The simultaneous increasing of homogenization pressure and fat content also led to increasing adhesiveness of the samples, which showed their synergistic effect of them on the adhesiveness. The results of the steady shear test showed that the flow behavior index (n) of all samples was less than one which indicates a shear thinning behavior (pseudoplastic) of all samples. Also increasing fat content, significantly decreased the flow behavior index of the samples and increased the consistency. Konjac gum and homogenization pressure had no significant effect on the flow behavior. The optimum processing conditions for producing low fat cream with the high hardness, consistency, consistency coefficient and low flow behavior index for response variables were, 146.51 bar homogenization pressure، 18.01% Fat content and 0.59% konjac gum.

Keywords: Low fat cream, Konjac gum, Homogenization pressure, Steady shear test, Back extrusion test

*Corresponding Author E-Mail Address: qhods@yahoo.com